

# Неземна архитектура

## Марсианец: Първият хабитат на Марс

„Ние сме начин за самия Космос да опознае себе си“

Карл Сейгън

### Съдържание:

- 0. Увод – 2 стр.
- 1. Марс срещу Земята – 3 стр.
- 2. Ситуация – 6 стр.
- 3. Формообразуване – 10 стр.
- 4. Функция – 12 стр.
- 5. Материали и технологии – 14 стр.
- 6. Исторически преглед на изследователските мисии до Марс – 19 стр.

Дипломант: Явор Иванов

## **0. Увод**

От десетилетия насам датират научните изследвания, за да може човекът да стъпи на Марс и да проучи възможностите за живот на Червената планета. Това прави космическата архитектура един нов дял, върху който е съсредоточена настоящата дипломна работа.

Основната задача на проекта е да проучи и разработи реалистично архитектурно решение за първия хабитат на Марс, който трябва да осигури необходимите условия за живеене, изследователска работа и отдих на шестима астронавти. Разработката е максимално съобразена с характеристиките на неземната марсианска среда, която е много различна от тази, с която сме свикнали на Земята, но достатъчно добре проучена, за да се създаде сигурно, функциониращо и самогенериращо всичките необходими ресурси съоръжение за първата мисия, която да изпрати хора на планетата.

Мащабите на тази мисия са несъизмерими, с което и да е космическо постижение до сега. Пътят до Марс е 210 дни, а продължителността на мисията на терен е 550 дни. Главната ѝ цел е да провери дали е имало някога живот на Марс.

Освен голямо технологическо предизвикателство, мисията до Марс е и голямо психологическо такова. При проведен експеримент на Земята в контролирана среда, от затворени шест човека за 520 дни, само двама не са имали психологически проблеми.

Архитектурата на Червената планета трябва да следва различни принципи от тази на Земята, заради различните атмосферни и геоложки условия, но същевременно трябва да се доближава и да напомня максимално на познати форми и пространства, за да осигури психологически и физически комфорт на своите обитатели – астронавтите.

Изминали са 44 години от последната космическа мисия, в която човешки крак стъпва на неземна повърхност. Време е това да се промени!

## 1. Марс срещу Земята

Преди много години, астрономите са вярвали, че повърхността на Марс е опасана от канални системи. Това от своя страна е породило спекулации, че Марс е планета много подобна на Земята, способна да поддържа живот и дори да е дом на далечна цивилизация. Но с времето, когато марсиански спътници и роувъри започнали да провеждат изследвания на планетата, този образ на Марс бързо се изпарил и бил заменен от такъв, в който Червената планета било студено, неприветливо и безжизнено място.

Въпреки това, през последните няколко десетилетия, учените са успели да научат много неща за историята на Марс, които са променили тази гледна точка. Вече е известно, че макар и Марс в момента да е много студено, много сухо и много негостоприемно място, това не винаги е било така. Нещо повече, учените са разбрали, че дори и в сегашното си състояние, Марс и Земята всъщност имат много общи неща.

Между двете планети има сходство в размера, наклона, структурата, състава и дори в присъствието на вода върху тях. Но те също имат и много съществени разлики, които биха направили животът на Марс едно значително предизвикателство. Нека да разгледаме тези прилики и разлики.

Марс е четвъртата планета в нашата Слънчева система и се намира на 229 млн. км от Слънцето, а Земята на 150 млн. км. На Земята измерваме една година, когато минат 365 дни, за толкова време нашата планета обикаля около звездата в центъра на системата си, докато на Марс са й нужни цели 687 земни дни (670 марсиански). И двете изпитват сезонна смяна на времето, защото са с наклонени оси спрямо орбиталната равнина, съответно  $23,5^{\circ}$  за Земята и  $25^{\circ}$  за Марс. Земята има среден диаметър от 12 755 км., докато при Марс той е почти наполовина 6 791 км. и съответно формира 15% от обема на нашата планета. В същото време поради липсата на океани и морета на Марс, сушата на Земята е равна по-площ с тази на Червената планета. Повърхността на Марс е суха и прашна, богата е на железен оксид (известен още като ръжда), което е причина за червеникавия цвят. Въпреки това са известни големи концентрации на вода във формата на лед, които са разположени в рамките на полярните шапки – Планум бореум и Планум астрал. В допълнение е наличен дълбоко замръзнал реголит (така се нарича почвата на Марс) със съдържание на лед до 60тия паралел, което означава,

че лед съществува на много места на повърхността на Марс. Радарни данни и почвени проби са потвърдили наличието на плитки, подповърхностни залежи от вода и водни соли в средните ширини.

Земята и Марс имат сходни релефни форми и места, които се различават значително заради географската си ширина. Както на нашата планета наблюдаваме различни големи планински масиви, вулкани, долини, каньони, плата и равнини, така и на Марс има места, покрити с планини, пясъчни равнини и дори някои от най-големите пясъчни дюни в Слънчевата система. Там се намира и най-голямата и висока планина в Слънчевата система - вулканът Олимп Монс, и най-дългият и дълбок каньон в Слънчевата система - Валес Маринерис.

И Земята, и Марс са имали много сблъсъци с астероиди и метеори през годините. Въпреки това кратерите на Марс са далеч по-добре запазени, много от които датират на милиарди години. Причината за това е ниското налягане на въздуха и липсата на валежи на Марс, което води до много бавен темп на ерозия. Все пак, това не винаги е било така. Марс има забележими канали на повърхността си и много учени смятат, че те са в резултат на ерозията, когато водата е била в течно състояние и е преминавала през тях. Някои от тези канали са доста големи, достигайки 2000 км. дължина и 100 км. в ширина.

Поради отдалечеността си от Слънцето, Марс получава 40% от слънчевата светлина спрямо тази, която получава Земята, но заради много тънката си атмосфера, почти цялото количество достига повърхността ѝ, което я прави пригодна за използване на слънчеви панели.

Атмосферното налягане и температурите са други показатели, по които двете планети доста се различават. Земята има гъста атмосфера, съставена от пет основни слоя - тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, и екзосфера. За разлика Марс има 60 пъти по-разредена атмосфера, с налягане в диапазона от 0,4 - 0,87 кПа - което се равнява на около 1% от земната на морското равнище, което означава, че ще трябва да бъдат обособени херметически затворени помещения, за да може да живеем там.

Земната атмосфера е основно съставена от азот 78% и кислород 21% с незначителни концентрации на водна пара, въглероден диоксид и други газообразни молекули. Марсианската се състои от 96% въглероден диоксид,

1,93% аргон и 1,89% азот заедно със следи от кислород и водни пари. Последните проучвания също са забелязали следи от метан, с приблизителна концентрация от около 30 части на милиард. Поради това съществува значителна разлика между средната температура на повърхността на Земята и Марс. На Земята тя е около 15°C, с много вариации поради географската област, височина и време на годината. Най-горещата температура, регистрирана на Земята, е 70.7°C в Лут, пустинята на Иран, а най-ниската температура е -89,2°C при станция Восток в Антарктида.

Поради своята тънка атмосфера и голямото си разстояние от Слънцето, температурата на повърхността на Марс е много по-ниска, средната е около -60°C. Въпреки това, поради своята наклонена ос и орбитална ексцентричност, Марс също изпитва значителни вариации в температурата. Това може да се види в абсолютните температури през лятото и зимата, когато са отчетени съответно температури от порядъка на 20°C по обяд на екватора и -140°C през нощта на полюсите.

Атмосферата на Марс е също доста прашна, съдържаща частици с размери от 1,5 микрометра в диаметър, които дават на небето жълтеникавокафяв цвят, когато се наблюдава от повърхността. Планетата също изпитва прашни бури, които могат да се превърнат в малки торнадота. По-големите от тях се появяват, когато прахта е изпратена в атмосферата и се е нагреля от Слънцето.

За разлика от Земята, която притежава голямо магнитно поле, което ни защитава непрекъснато от космичното лъчение, Марс е изложена почти напълно на вредната за човека радиация. Гравитацията на Марс е 38% от тази на Земята и съответно човек, който тежи 1000N тук на Земята, ще тежи около 380N на Червената планета. Денят на Марс е 24 часа и 40 минути.

След внимателно проучване на почвата на Марс (още наричана реголит) и имитирането ѝ на Земята, са изследвани множество култури за тяхната съвместимост. Оказва се, че ръжта, доматиите, морковите и кресонът са възможни за отглеждане в контролирана среда, след като почвата се пречисти.

Имайки предвид всички описани до тук характеристики, Марс е най-благоприятната планета за живеене в Слънчевата система след Земята.

## 2. Ситуация

Ситуирането на хабитата върху Марс е едно от най-важните решения, които трябва да се вземат чрез внимателно проучване на голям масив от научни данни. С най-голям приоритет е избирането на място с възможно най-големи залежи от вода. След това трябва да се проучат региони с научен интерес, които разчитат на идентифициране на места с концентрация на геоложки натрупвания. Един такъв регион обаче трябва да е в рамките на 100 км от хабитата, като безпилотни роувъри могат да преминават и отвъд тези разстояния и да извличат проби. Балистичните ограничения стесняват търсенето до  $\pm 50$  градуса по ширина. Изборът ми на Исмениус кавус (древно езеро с глинести минерали, заобиколено от амазонските ледниците) е аргументиран от по-долу изброените характеристики:

Въведение: Исмениус кавус е падина в региона Исмениус лакус, намиращ се в близост до марсианската дихотомия, северно от региона Арабия. Геоложките данни за този терен (разположен на  $33^{\circ}49'N$ ,  $17^{\circ}10'E$ , кота -3450 м, големина на проучваната зона – 80 км.) включват речни релефни форми, залежи от глинени седиментни и ледникови форми. Това уникално струпване на релефни форми на различна възраст (от Ноачиан до Амазония) е от голям интерес за изследване, защото това място комбинира големи водни ресурси под формата на лед или глинести минерали и голям капацитет за търсене на живи организми на Марс.

Речни форми: Исмениус кавус е басейн, където шест речни долини се събират, включително две от изток, две от запад, и две от юг, както и дългата 1200 км. Мамерс валис. Три от шестте долини, влизащи в Исмениус кавус имат залежни отлагания, разпознати като Гилбъртови-делти. Топографският профил е с колеблив наклон между равнина и наклон от  $10$  до  $15^{\circ}$ , което е типично за Гилбъртовите речни делти, вливащи се в езеро. Всички речни форми имат плоско легло, обикновено разположено на кота между -3100 и -3150 м. Разликата във височина между равнинната част на делтата и най-дълбоката част на басейна предполага, че това езеро е с дълбочина 600 м, което осигурява теоретичен обем от вода в течно състояние от приблизително 550 км<sup>3</sup>.

Ледникови форми: По-голямата част от повърхността на долината е набраздена с линейни форми, които се счита, че са получени в резултат на

вискозното отлагане на ледникови маси. Последните радарни данни потвърждават наличието на голямо количество лед (до 80%) на север от района на проучване. Ледниковите форми обхващат повече от половината от склона на Кавуса, както и по-голяма част от долината. Очаква се наличието на лед под тънък слой от наноси и прах.

Разкрития на минерали: Богати на желязо смектити са открити в напластени единици от уреда Омега. Възможно е минералите да включват желязо/магнезиев филосиликати като нонтронит или сапонит. Филосиликати са открити в големи по мащаб дебели слоеве между -3400 м. и -3600 м. Филосиликати също се наблюдават в поредица от слоеве с V-образна структура, погледнати в план. Цялата структура, съставена от пластове образува един общ слой с дебелина 300 м, а напластяването е видимо само тук, защото този сегмент в момента е в процес на ерозия. Тъмният материал на повърхността на Исмениус кавус съдържа пироксен, вероятно съдържащ се в тъмен пясък, който дава и цвета на ниската алbedo зона.

Зона за проучване 1 (наука и ресурси): Центрирана на 33°42'N, 17°09'E. Богатите на глина находища се простират в 100 км<sup>2</sup> южно от предложената зона за кацане. Седиментните депозити са на дъното на палеоезерото, което предполага, че глинести минерали може да бъдат намерени. Този контекст (утайки в дълбините на езера) е от най-голям интерес за търсенето на минал живот на Марс и еволюцията на климата. В допълнение, глината съдържа изобилие от вътрекапилярна вода, която може да се използва като ресурс за базата.

Зона за проучване 2 (наука и ресурси): Центрирана на 33°46'N, 17°44'E (ЗП 2a) и 33° 44'N, 16°49'E (ЗП 2b). Ледниковите форми са се формирали през Амазонската ера, следователно позволяват проследяване на скорошното развитие на климата. Те имат обилно съдържание на вода с лед, което може да се използва като ресурс за астронавтите.

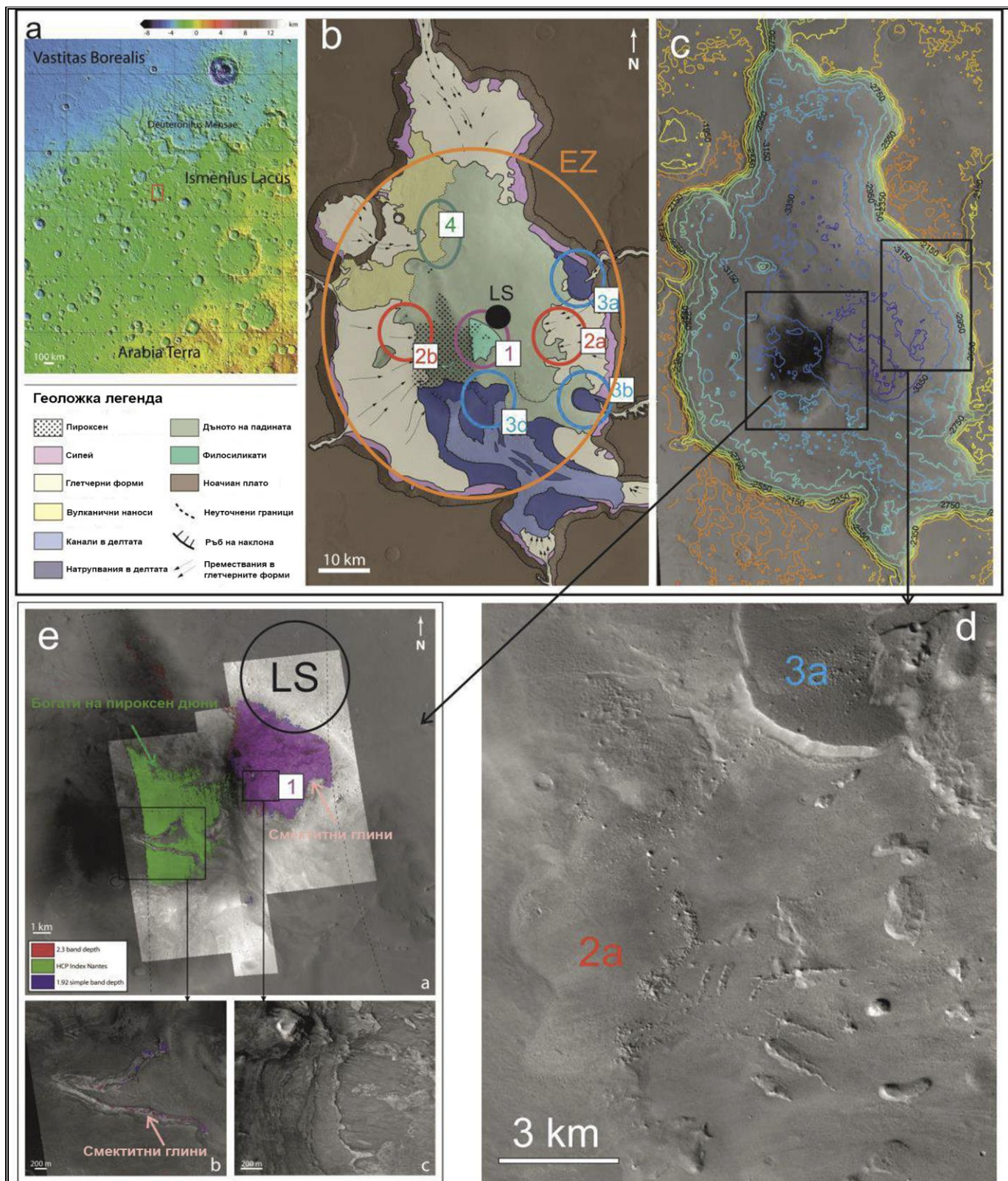
Зона за проучване 3 (наука): Центрирана на 33°55'N, 17°30'E (ЗП 3a), 33°32'N, 17°30'E (ЗП 2b), 33°34'N, 17°04'E (ЗП 3в). Трите образувания с форма на делти съответстват на депозитите на речни долини. Те съдържат кластични седименти, които позволяват да се вземе проба от материал с произход ерата Ноачин в Арабия тера и ще бъде в допълнение към изучаваното от ЗП1 за депозитите в дълбочина, така че да се разбере продължителността и формирането на езерата.

Зона за проучване 4 (наука): Центрирана на 34°12'N, 16°56'E (ЗП 4). Наноси изхвърлени от голям кратер от ерата Ноачин, кората ще представлява интерес за взимане на проби.

Зона за проучване 5 (ресурси): Области с наслоена прах, които са многобройни по ръба на Исмениус кавус и могат да бъдат източник на вода (процентно съдържание 10%), данни получени от неутронния спектрометър Марс Одисий.

Изисквания на мисията: Предложената зона за изследване е на приблизително 35° южно, в рамките на  $\pm 50^\circ$  зона от географската ширина, определени за мисията. Максималната височина на зоната за изследване също е доста под границата от 2 км. Кацането на терена се осъществява върху 25 км<sup>2</sup>. Районът е сравнително равен, съдържа малко кратери, и неизбежни при кацане леглоподобни форми до момента не са наблюдавани. Хабитатът е в центъра на зоната за изследване, където ще бъде създадена оперативната база. Умерено ниска топлинна инерция и умерено високо алbedo, в зоната за изследване, означава относителна липса на дебели, фино смлени пластове прах. Вода може да се извлича от овлажнени соли или минерали, докато се изследват възможностите за сондажи и подпочвени залежи от замръзнала вода.

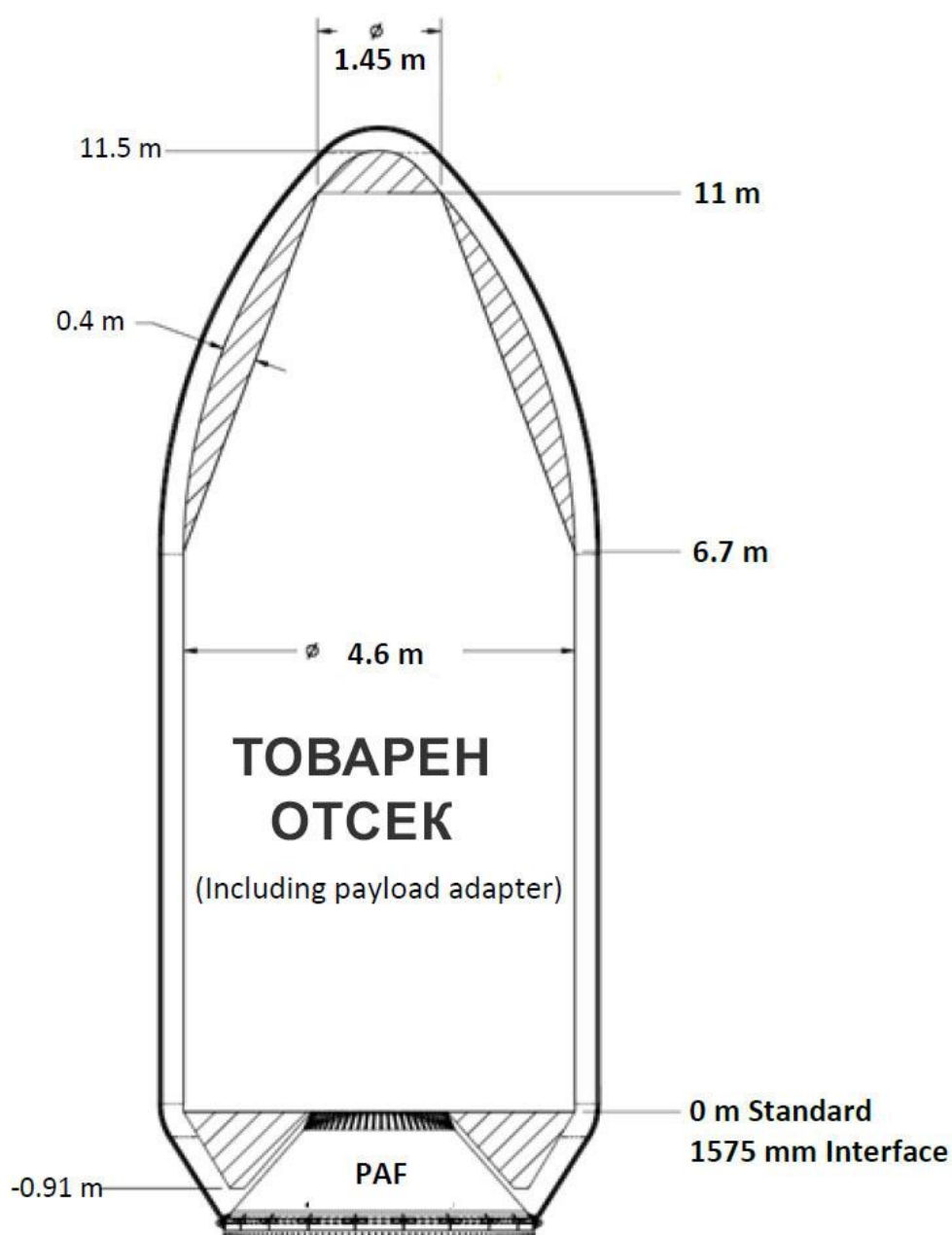




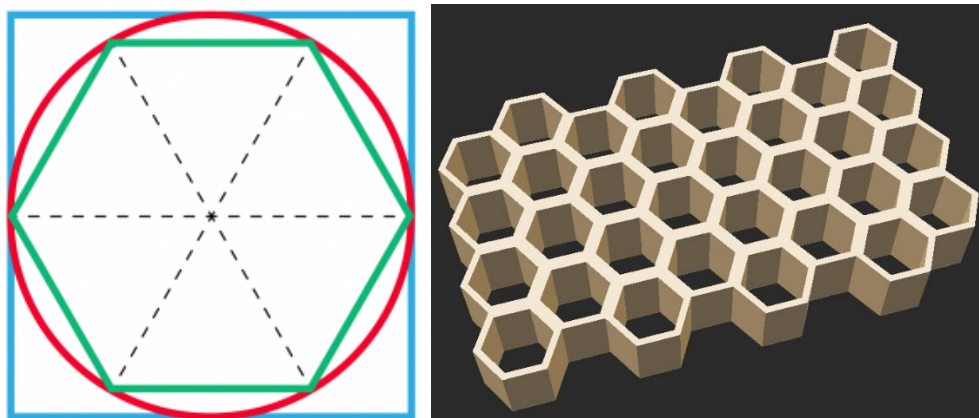
Фигура 1: (а) Топографска карта на района с Исмениус кавус. (б) Геоложка карта със зоните за проучване. (с) Стереоскопична камера с висока резолюция и топографски контури. (д) Зони с голямо съдържание на подпочвен лед. (е) Спектриметрични данни. LS=Зона за кацане, EZ=Зона за проучване.

### 3. Формообразуване

Избирането на структура и форма за хабитата на Марс е сложен процес, изискващ взимането предвид на множество фактори, но един от основните е обемът и формата на товарния отсек на ракетата, която ще се използва за транспорт на товарите. Един от основните претенденти за изпълнението на мисията до Марс е частната компания „Спейс екс“, която в сътрудничество с НАСА, си е поставила за цел да достигне до Червената планета и човешки крак да стъпи там до 2030та година. Ракетата, която ще бъде използвана е „Фолкън хеви“, която има възможността да изпрати 13,600 кг. до Марс в цилиндрично товарно помещение с конусовиден връх и с вътрешни размери – диаметър 4,6 м., височина 6.7 м. без промяна в диаметъра.



Взимайки предвид тези реални ограничения и множеството от функции, които трябва да бъдат предвидени в бъдещия хабитат, реших, че най-ефективно и целесъобразно ще бъде проектирането на модулна структура. Модулите трябва да могат да се побират възможно най-ефективно в тези размери и тегло, но също така да могат да формират цели функционални групи. След подробен анализ на съществуващите геометрични форми, модулни системи и примери от природата, избрах като най-подходяща форма шестоъгълната призма. За разлика от цилиндъра, при нея се наблюдава пространство заобиколено от ъгли, както сме свикнали да живеем тук на Земята. И за разлика от квадрата, шестоъгълната форма използва по-оптимално наличния товарен отсек и поема по-равномерно странични натоварвания. В същото време е възможно проектирането на групи от модули под формата на пчелна пита, които по този начин запазват по-добре топлината, което е съществен фактор при проектирането на Марс.



Конструкцията на един модул се състои от скелет от носещи алуминиеви елементи и ограждащи панели, които имат за цел да предпазят вътрешността от опасностите и въздействието на околната среда, като създадат херметическо затворено пространство. Хабитатът от 88 модула ще бъде изграден от (44 мисии, ако се използва SpaceX и 15 със SLS) единично кацащи модули, които биват съединявани един към друг с помощта на дистанционно управляема подемна хидравлична количка.

## 4. Функция

Хабитатът на Марс има сложната задача да работи като един самостоятелен организъм, но в същото време да предоставя сигурна среда за живот и работа на астронавтите, които ще го обитават. За да се осигури максимална защита, хабитатът е организиран и разделен по зони, които са взаимосвързани, но при необходимост (в случай на авария) могат лесно да бъдат изолирани чрез въздушни шлюзове. Също така във всяка зона има дублирани всички основни системи, нужни за поддържането на живота. Като втори контур на защита, всяка зона е разделена на защитени подзони от 4-5 модула, които са разделени с бързо затварящи се ролетни херметизиращи врати.

Целият хабитат е вдигнат на 145 см. височина спрямо терена с помощта на телескопични крака поради необходимостта да се предпази структурата от прахови навяхвания, да се отдели от студения реголит (почва), да се осигури перфектно нивелиране на изследователската станция въпреки неравностите на терена и да се приравни с шлюза на роувъра с цел по-лесно товарене.

Подходите към хабитата са осем на брой и биват два вида – за астронавти, оборудвани със стълба и въздушен шлюз, който служи като буфер между външната неблагоприятна и вътрешната сигурна среда, и изравнява наляганията; за роувъра, от където се осъществява товарен достъп към хабитата чрез херметическа връзка.

Хабитатът е разделен на шест основни функционални зони, които са: за научноизследователска дейност, за отдих и развлечения, за производство на кислород и вода, за производство на храна, зона за производство на електричество и за производство на ракетно гориво.

Зоната за научноизследователска дейност включва: отделения за скафандри, складове за хранителни продукти, работно-комуникационни помещения, санитарни помещения, работилница за поправка и поддръжка на оборудване, складове за резервни части, помещение за отопление, вентилация, климатизация и пречистване на вода, трансформатор за електричество и батерии, лаборатория за биологично и химично изследване, лазарет, трапезария за 6 астронавти и кухня.



Зоната за отди́х и развлечения включва: отделение за скафандри, помещение за отопление, вентилация, климатизация и пречистване на вода, пералня и сушилня със склад за дрехи, дневна, фитнес, 3 спални помещения за по двама астронавти, санитарно помещение и склад за резервни части и скафандри.

Зоната за производство на кислород и вода съдържа: отделение за скафандри, склад за резервни части и апаратура, склад за барели с кислород, лаборатория за производство на кислород, лаборатория за производство на вода, автономен телескоп, машина за отопление, вентилация и климатизация, склад за барели с вода.

Зоните за производство на храна заемат голяма част от хабитата, за да може да се осигури независимост на базата от земни доставки. Те са симетрично разположени от двете страни на научноизследователската зона и имат еднакво съдържание: отделения за скафандри и машина за отопление, вентилация и климатизация, отделения за отглеждане на растения чрез аквапонна система и складове за хранителни суровини (посеви и храна за рибите). Симетричното разположение и разделянето на две зони е търсено с цел максимална сигурност при експлоатацията им, както и с цел дублирането им, като източник на основна суровина за живот - храна.

Зоните за производство на електричество и на ракетно гориво са отдалечени на значително разстояние от зоните за работа и отди́х за по-голяма сигурност.

Зоната за производство на електричество съдържа: отделение за скафандри и машина за отопление, вентилация и климатизация, отделение за реактор с разтопена сол от 4-то поколение и склад за резервни части и гориво.

Зоната за производство на ракетно гориво включва: отделение за скафандри и машина за отопление, вентилация и климатизация, склад за барели с метан, помещение за производство на ракетно гориво – метан, склад за барели с водород и склад за барели с вода.

Станцията е единственият обект с човешки мащаб на планетата, затова от изключителна важност за психологическото състояние на астронавтите са интериорните пространства, тъй като те ще бъдат техен дом за цели 550 дни.

Всеки модул в хабитата е със светла височина 250 см. и използваема площ 10 кв. м., за да осигури възможно най-близко усещане за пространство на Земята. При групирането на модули се получават по-големи общи пространства. Техническата инфраструктура опасва като мрежа всички модули, но е скрита в двоен под и окачен таван, като по този начин тя е защитена и лесно достъпна.

## **5. Материали и технологии**

Мисията до Марс за създаването на постоянен хабитат представлява огромно предизвикателство към използваните материали и технологии. В космическата архитектура се спазва принципът на улегналост - използват се само изпитани и многократно използвани технологии и материали, за които се знаят всичките им положителни и отрицателни характеристики, които могат да се проявят по време на експлоатационния период. Най-използваният материал до сега в космонавтиката е алуминият с неговите сплави, защото неговите качества като тегло, защита от корозия, еластичност и здравина са ненадминати, затова и аз се спирам основно на него, като го използвам в конструкцията на модулите и ограждащите панели. Тяхната роля е съществена за поддържане благоприятна атмосфера в хабитата и неговата защита от неблагоприятно външно влияние, като пясъчни бури и микрометеорити. Затова всеки панел е многопластов:

- най-външният слой се състои от 5 мм. оребрована алуминиева сплав с плътност  $2,71 \text{ гр./см}^3$ , която защитава модула от микрометеорити и го херметизира.

- след това е ред на 45 мм. интегрирана многослойна изолация с плътност  $0,27 \text{ гр./см}^3$ , която представлява бариера за топлинната радиационна енергия. Състои се от над 40 слоя силно отразяващ материал и въздух между тях. Тя защитава модула от твърде голямо и бързо нагриване през лятото и изстиване през зимата, като по този начин помага за топлинния баланс.

- следва 50 мм. слой от бориран полиетилен с висока плътност  $1,01 \text{ гр./см}^3$ , който представлява радиационния щит на хабитата. Предпазва от слънчевата, космическата и вторичната радиация, които са страшно вредни за астронавтите, при продължително излагане.

– след това е вакуумно изолационния панел с дебелина от 97 мм. и плътност  $0,17 \text{ гр./см}^3$ , който представлява високоефективна топлоизолация, която има за цел да ограничи кондукцията и по този начин подпомага топлинния баланс. Произвежда се чрез прилагане на вакуум към капсулиран микро-порест материал (силициев аерогел). ВИП са възможно най-иновативната и ефективна изолация с много ниска топлинна проводимост - варира от  $0,004 \text{ W/mK}$  в ново състояние до  $0.008 \text{ W/mK}$  след 25 години стареене. Пробиване на VIP панел води до увеличаване на топлопроводимостта на около  $0.02 \text{ W/mK}$ .

– накрая е вътрешният слой от 3 мм. оребрована алуминиева сплав с плътност  $2,71 \text{ гр./см}^3$ , която представлява втория резервен херметически контур на хабитата.

За да може хабитатът да работи като единен организъм се използва система от датчици, контролери и аналитичен софтуер, които са взаимосвързани с всички модули и осигуряват нужната среда за живот.

ECLS – Системи за управление на околната среда и поддържане на живота (СУОСПЖ):

- Системата за управление на атмосферата (СУА) контролира процентното съдържание на въглероден диоксид в отделните зони и следи за други замърсители, произвежда кислород чрез електролиза на водата, алармира за пожари, контролира налягането и влажността паралелно в зоната за живеене и зоната за отглеждане на растения, контролира температурата на въздуха, и следи за цялостното качество на въздуха;

- Системата за преработка на ресурсите на място (СПРМ) има две основни функции, а именно производството на вода и кислород от марсианския реголит (почвата) и производството на метан от марсианската атмосфера и донесения водород. Използва се химичната реакция на Сабатие -  $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{енергия}$

- Системата за обработка на биологичния отпадък (СОБО) изолира човешко генерирани отпадъци (като урина) и извлича пречистена (но не питейна) вода, която впоследствие се обработва от СУВ за използване от членовете на екипажа;

- Системата за управление на водата (СУВ) събира не питейната вода от СПРМ, СОБО, и излишната влажност от атмосферата на хабитата и я пречиства, за да произведе чиста вода за пиене, приготвяне на храна, и хигиена, като по този начин се постига 95% ефективност на преизползването на този ценен ресурс на Марс;

Хабитатът разполага с две големи зони за отглеждане на растения с цел прехрана на екипажа. Те се възползват от изпитани технологии за възможно най-ефективно и енергоспестяващо производство в затворени помещения с изкуствена червена светлина. Аквапониката е комбинирано отглеждане на риби и растения в циркулираща екосистема чрез използване на естествените бактериални цикли за преобразуване на отпадъците, създадени от рибите, в хранителни вещества за растенията. „Аквапоника“ е комбинация от думите „аквакултура“ – отглеждане на водни животни като риби, раци, миди и скариди – и „хидропоника“ – отглеждане на растения като зеленчуци, подправки и цветя в субстракт, заместител на почвата, чрез химически обогатена вода. Аквапониката е екологичен метод, комбиниращ най-добрите качества на аквакултурата и хидропониката, който премахва необходимостта от изхвърлянето или пречистването на използваната вода (както се прави в аквакултурата) и необходимостта от използването на химични торове (както се прави в хидропониката). Периодично в системата се добавя минимално количество вода в зависимост от изпаряването, дължащо се на температурите. При системи, работещи в контролирани условия, изпаренията могат да се сведат до 2% седмично. Това позволява отглеждането на зеленчуци и риба дори където липсва достъп до вода. Елиминира се нуждата от използване на химични торове, тъй като растенията използват преработените от бактериите отпадъци от рибите. След като рибата е захранена, тя отделя по естествен начин амоняк. В прекалено голяма концентрация той е вреден за рибите и растенията. Но с помощта на бактерията нитросомонас амонякът се преработва в нитрити, а нитробактерията и нитроспирата преработват нитритите в нитрати. Нитратите са хранителни вещества за растенията, които те лесно усвояват от водата. Нитратите са превъзходен растителен тор. Ето защо не е нужно да се добавят химични торове, както се прави при хидропониката – всички хранителни вещества се създават по естествен път, оптимизирайки природния цикъл. От своя страна растенията филтрират водата и тя се връща при рибите пречистена. Възможните култури за отглеждане, които



дават най-много хранителни вещества са – маруля (първата отгледана храна в космоса), фъстъци, соя, сладък картоф, кълнове, зеле, домати и моркови.

При успешното отглеждането на растения, ще се отделя значително количество кислород, който може да бъде използван в останалите зони от хабитата.

Базата разполага с малка работилница за ремонти, снабдена с лазерни ножове и 3D принтер за изработка на резервни части, като по този начин се постига по-малка зависимост от доставянето на такива от Земята.

Електроснабдяването е от изключителна животоподдържаща важност за хабитата, затова се използват две независими системи за снабдяване – управляеми (следящи) слънчеви панели върху модулите с обща номинална мощност от 125 kW и реактор с разтопена сол от четвърто поколение с ел. мощност 100 kW. И двете системи са обезпечени чрез използването на непрекъсваемо захранване и батерии, които могат да поемат товара от станцията за минимум 1 седмица.

Модулите пристигат по единично на повърхността, като отворената им страна е запечатана със специално херметизиращо текстилно покритие, което се премахва след като бъдат съединени. Съединяването става посредством силна магнитна заключваща връзка и гумени херметизиращи О-кръгове.

Данни:

Страничен панел размери - 220x280x20см., обем = 1,232 м<sup>3</sup>, площ = 6,16 м<sup>2</sup>

Покривен/подов панел е шестъгълник с размери на страната 220см. и дебелина 20см.

обем= 2,52 м<sup>3</sup> площ = 12,58 м<sup>2</sup>

Един напълно затворен модул:

Външна площ -  $6 \times 320 \times 220 + 2 \times 12,58 = 42,24 + 25,16 = 67,14 \text{ м}^2$

Композитен панел:

Външен, алуминий -  $0,5 \times 220 \times 320 \times 2,71 = 95 \text{ кг.}$

Външен, IMLI -  $4,5 \times 220 \times 280 \times 0,27 = 75 \text{ кг.}$

Външен, HDBPE -  $5 \times 220 \times 280 \times 1,01 = 311 \text{ кг.}$

Външен, VIP -  $9,7 \times 220 \times 280 \times 0,17 = 101$  кг.

Външен, алуминий -  $0,3 \times 220 \times 280 \times 2,71 = 50$  кг. Общо = 632 кг.

Покривен/подов, алуминий -  $0,5 \times 125800 \times 2,71 = 170$  кг.

Покривен/подов, IMLI -  $4,5 \times 125800 \times 0,27 = 152$  кг.

Покривен/подов, HDBPE -  $5 \times 125800 \times 1,01 = 635$  кг.

Покривен/подов, VIP  $9,7 \times 125800 \times 0,17 = 207$  кг.

Покривен/подов, алуминий -  $0,3 \times 125800 \times 2,71 = 102$  кг.

Общо = 1266 кг.

Слънчев панел  $8 \text{ м}^2 = 15 \text{ кг/м}^2 = 120$  кг.

Общо един модул тежи средно = 5,5 Т. на Земята.

Топлинни загуби на основната структура:

$\kappa = 0,004 \text{ W/mK}$ ,  $T_{\text{вън}} = -60 \text{ C}^\circ$ ,  $T_{\text{вътре}} = 22 \text{ C}^\circ$ ,

$A_{\text{плоч}} = 2771 \text{ м}^2$ ,  $d_{\text{дебелина}} = 0,10 \text{ м}$ .  $Q_{\text{м}} = 6100 \text{ W}$  + топлинни загуби и конвекция = 10 kW

След 20-тата година:  $Q = 16 \text{ kW}$

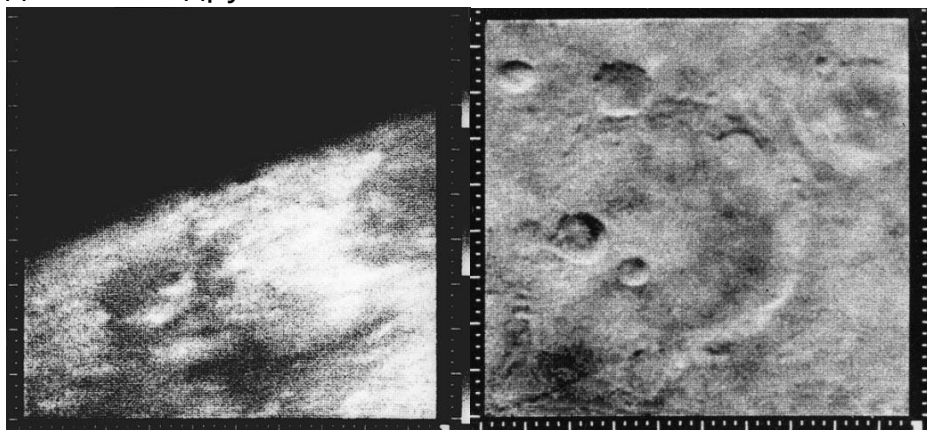
## **6. Исторически преглед на изследователските мисии до Марс**

Отдавна Марс носи специално очарование и дори има митичен образ сред хората. Макар и да не е най-близката планета до Земята, учените считат, че тя най-много прилича на нашия дом и е възможно да има живот на нея. Още преди началото на космическата ера, хората са гледали с интерес към Червената планета и са мечтали да я проучат.

През 20-ти век, много от основните цели за космическото изследване са изпълнени: човек обикаля Земята в космоса, 12 космонавти стъпват по повърхността на Луната, създава се и се поддържа и до ден днешен Международната космическа станция. Въпреки това, има една основна цел, която все още предстои да бъде изпълнена - човешка експедиция до Марс.

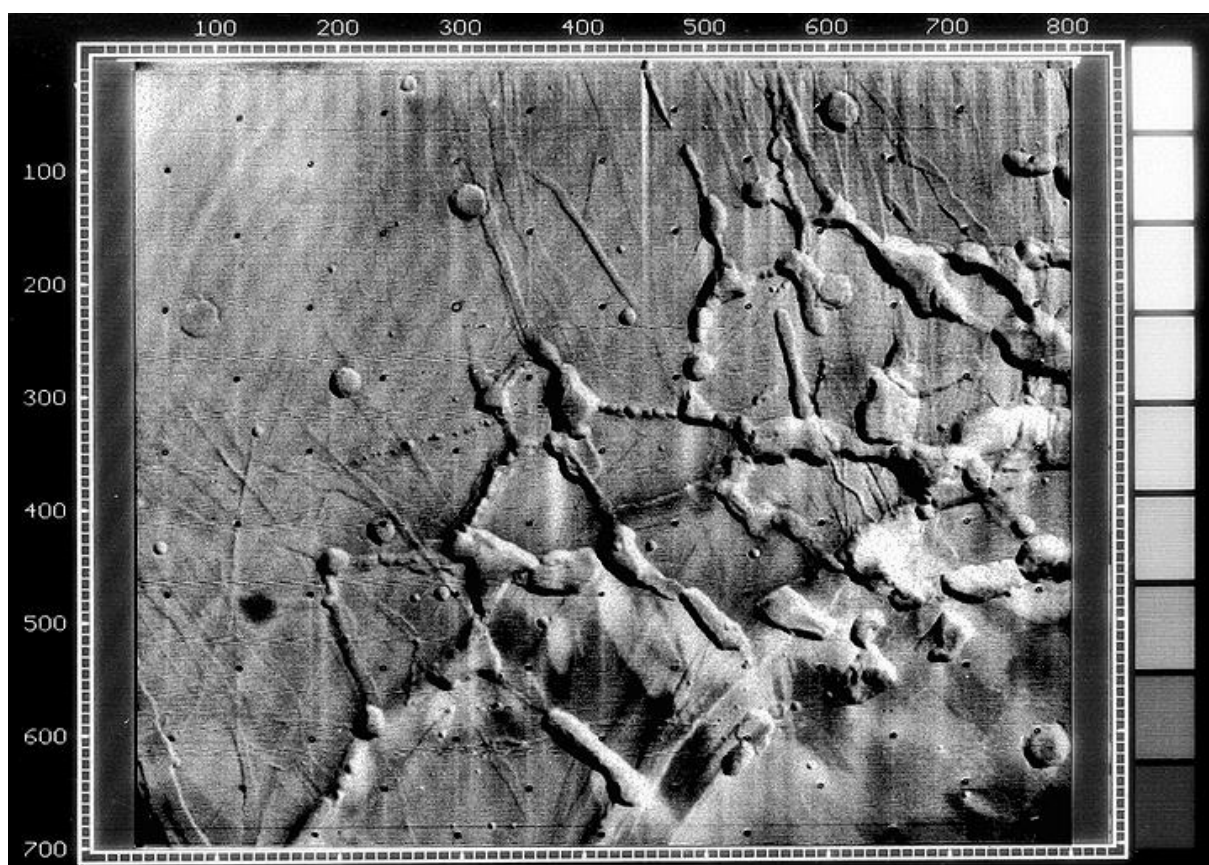
Десетки проучвателни мисии са направени до Червената планета, за да разберем по-добре този съсед на Земята. Някои са изпълнили прелитания над планетата, с цел събиране на информация за кратко време. Други са предприели дългогодишни орбитални мисии, следейки промените по планетата. И може би най-предизвикателни от всички са спускаемите апарати - някои стационарни, а други движещи се с километри по повърхността.

Първото успешно прелитане е направено през далечната 1965г. на 14 юли от Маринър 4, който изпраща 21 снимки. Четири агенции успешно стигат до Марс: НАСА, Съветската космическа програма, Европейската космическа агенция и Индийска организация за космически изследвания, докато други, включително Япония и Китай, се провалят.



След няколко неуспешни опита на СССР, НАСА изпраща Маринър 6 и 7 през 1969г., които достигат Марс и изпращат обратно няколко десетки снимки. По стечение на обстоятелствата, всички тези космически кораби прелитат над области на Марс, които са изпълнени с кратери. Това дава фалшиво първо впечатление, че Марс прилича на Луната. Още няколко опита са направени между 69-та и 71-ва година., но са неуспешни.

Представата за образа на Марс се променя коренно с полета на Маринър 9 - през ноември 1971г. Космическият апарат разкрива, при пристигането си за огромна изненада, че цялата планета е погълната от пясъчна буря. Нещо повече, когато прахът се разпръсква, учените откриват върхове на спящи вулкани. Маринър 9 също открива огромен разлом по повърхността на Марс, който по-късно е наречен на негово име – Валес Маринерис (от латински). Маринър 9 прекарва близо година в орбита около Червената планета и успява да изпрати 7,329 снимки.



Става ясно, че Марс е много по-различна планета от Земята, което предизвиква още няколко мисии до нея. Съветският съюз продължава своята "Марс" серия от космически кораби, но постига само частичен успех - един орбитален апарат и един спускаем за кратко изпращат данни през 1974г.

НАСА, междувременно, изпраща два броя орбитални и спускаеми апарата към Марс през 1975 година - Викинг 1 и Викинг 2 и двата успешно кацат през 1976г. Викинг представлява първото продължително изследване на Марс, като всеки от космическите кораби изпраща големи масиви от информация в продължение на години.

Надеждите за откриване на живот, обаче, са попарени, когато сондите не успяват да открият доказателства за микроби по повърхността. Друг важен резултат на Викинг идва от измерванията на местната атмосфера – оказва се, че съставът е почти идентичен с някои метеорити, намерени на Земята.

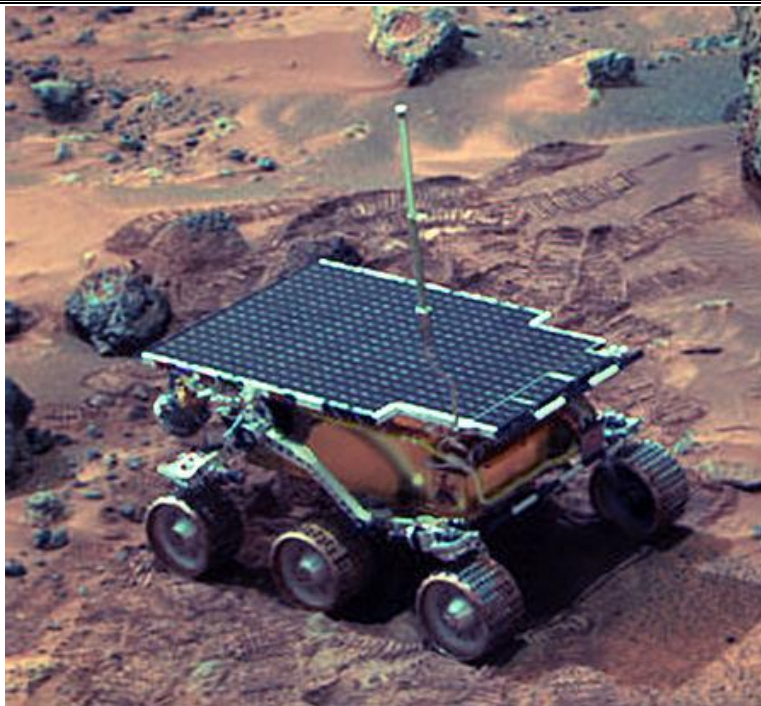
Съветският съюз също прави опити да достигне до една от луните на Марс - Фобос през 1980г., но и двете мисии са неуспешни.

Следващият опит на НАСА да достигне до Червената планета е през 1993г., когато Марс Обзървър е загубен малко преди да постигне целта си. Загубата е особено болезнена, защото корабът струва почти милиард долара и носи много ценна апаратура.

През 1997г. Марс Глобъл Сървейър достига Марс, разкривайки много древни следи от вода, като дерета и хематити (минерал, който се образува във вода). Неговите данни помагат на НАСА да реши къде да приземи роувърите през 2004г.

„Марс 96“ - мисията на Съветския съюз, стартира на 16 ноември, 1996г., орбиталния комплекс и двата спускаеми апарата обаче са загубени след като ракетата избухва.

Първата мисия от програмата на НАСА „По-бързо, по-добро, по-евтино“ е с голям успех. Спускаемият апарат Патфайндър и роувърът Соуджърнър кацат на Марс през юли 1997г. Това е първият модул, който използва набор от въздушни възглавници за смекчаване на кацането, а роувърът е първият марсоход на колела. Мисията е многократно удължавана, като комуникационен сигнал се губи през септември 1997г.



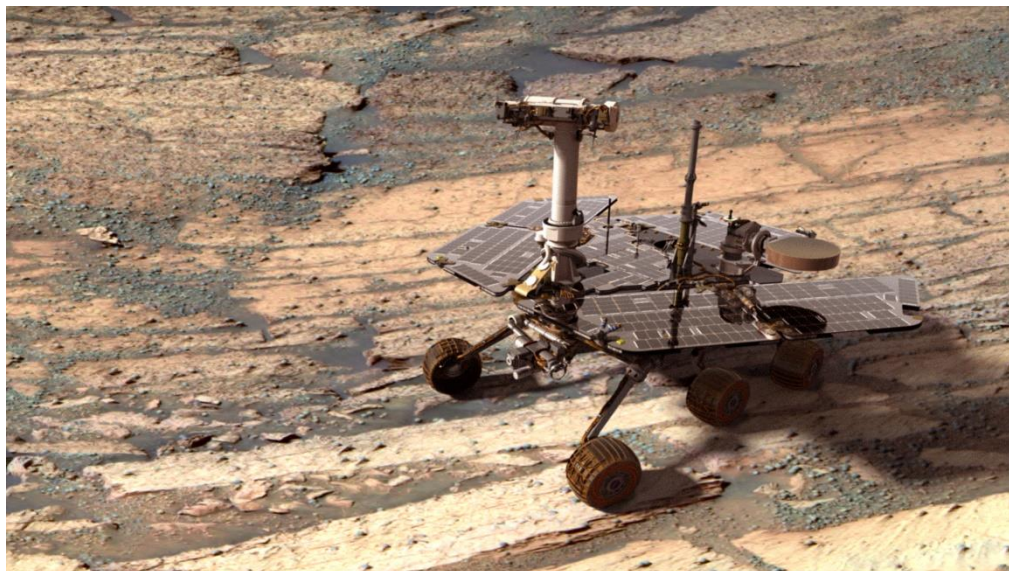
Япония се включва в надпреварата до Марс с Нозоми, който стартира на 4 юли 1998г. , но не успява да влезе в орбита около планетата. Две други мисии на НАСА не успяват да достигнат Червената планета. Марс клаймат орбитър стартира на 11 декември 1998г., но изчезва след пристигането си през септември 1999г., защото един от екипите е оперирал в метрични единици, а друг във футове. Марс полър лендър и две „къртици“ с него, стартирали през януари 1999г., също са били изгубени, вероятно защото погрешно са пресметнали, че са разтоварени и са изключили двигателя си преждевременно. След тези и други неуспешни мисии, програмата на НАСА е спряна.

Откриването на древни следи от вода на Марс предизвиква Ренесанс в изследователските мисии. Марс Одисий, изстрелян през 2001г., все още продължава своята удължена научна мисия. Той счупва рекорда за най-дълго служил космически кораб, изпратил около 350 хиляди изображения, картирани разпределенията на няколко елемента, и препредава повече от 95% от всички данни от марсоходите Спирит и Опортюнити.

Европейската космическа агенция изстрелва Марс експрес на 2 юни 2003г., орбиталният комплекс приключва с основната си мисия и в момента изпълнява допълнителни задачи.



Двата роувъра на НАСА Спирит и Опортюнити са изпратени до повърхността на Марс през 2004г. Всеки от тях предоставя достатъчно доказателства за това, че някога вода е течала на Червената планета. Докато Спирит умира в пясъчна дюна през март 2010г., Опортюнити продължава да работи и до днес като е изминал над 45 км.



Друг орбитален апарат на НАСА, Марс риконъсънс орбитър излита през август, 2005г. Той започва да работи в орбита около планетата на 12 март 2006г. и предоставя данни, които включват повече от 25 000 изображения и 3500 радарни наблюдения. Мисията изпраща повече, като обем данни, от всички предишни мисии на Марс, взети заедно.

През 2008г. НАСА изпраща стационарния апарат Феникс, който установява воден лед под повърхността, но слънчевите му панели претърпяват сериозни щети от суровата марсианска зима и комуникацията е преустановена през ноември същата година.

Русия прави още един опит да достигне до един от спътниците на Марс - Фобос с мисията си през 2011г., но се разбива след като не успява да напусне околоземната орбита.

Най-мощният и тежък роувър - Кюриосити пристига в кратера Гейл през 2012г., за да търси признаци за древни обитаеми среди. Неговите основни открития включват намирането на пресъхнали водни зони, откриването на метан на повърхността и намирането на органични съединения. Работата му вдъхновява изпращането на нов роувър през 2020г., който да направи по-подробни проучвания.



Орбиталната станция на НАСА - Мейвън влиза в орбитата на планетата през 2014г., като целта ѝ е да анализира атмосферата на Марс и да разбере, защо тя е изтъняла толкова много в продължение на милиони години.



Индия става най-новата нация, която успешно пристига на Марс през 2014г., когато Орбитър мишън влиза в далечна орбита около планетата. Космическият апарат изпраща снимки на цялата планета, като няколко десетки от тях са пуснати в публичното пространство.

От своя страна, Европейската космическа агенция планира да се върне на Марс с две мисии. Програмата Екзомарс, която в сътрудничество с Русия, изпраща орбитална станция, която в момента лети към Червената планета и регистрира първата си снимка на 16 юни. Спускаемият апарат "Скиапарели" ще тества технология за навлизане в марсианската атмосфера, спускане и кацане. Тя ще бъде използвана за бъдещия роувър "Екзомарс", който се очаква да бъде изстрелян през 2020г., за да изследва марсианския реголит в дълбочина, отново в търсене на следи от органичен живот.

НАСА развива технологиите и способностите необходими за изпращане на астронавти на астероид до 2025г. и Марс през 30-те години. Това са целите очертани в Американската национална космическа политика, разписана през 2010 година.

В същото време частният интерес за достигане до Червената планета нараства и за сега една от най-амбициозните компании „Спейс екс“, водена от визионера Илон Мъск, има планове да прати пилотирана мисия до 2030г. Едновременно с това в сътрудничество с НАСА ще бъде изпратен до Марс космическият кораб „Червеният дракон“ през 2018г. Дългосрочните планове включват да има постоянна база на Червената планета до 2050г.

## Използвана литература:

1. First Landing Site/Exploration Zone Workshop for Human Missions to the Surface of Mars – 2015
2. A Novel Material for In Situ Construction on Mars: Experiments and Numerical Simulations – 2015
3. A Unified Space Vision - Buzz Aldrin – 2013
4. Active Thermal Control System – ISS – Boeing
5. Advanced Space Suit Insulation Feasibility Study – NASA/JSC – 2000
6. An independent assessment of the technical feasibility of MARS ONE - Department of Aeronautics and Astronautics, MIT, USA – 2015
7. Murray Hallam's Practical Aquaponics -2014
8. Atmospheric effects on the utility of solar power on Mars – NASA/JPL, SETI, University of Idaho, Tel Aviv University
9. Boron Nitride Nanotube: Synthesis and Applications – NASA
10. Boron fiber neutron shielding properties – 2011
11. Building materials, design and construction methods used for 'Bases' in the Antarctic
12. Cold Climate Building Enclosure Solutions – USA department of energy – 2013
13. Cryogenic Thermal Insulation Systems – CryoTestLab – 2005
14. A 50-100 kWe Gas-cooled Reactor For Use On Mars – Sandia National Laboratories – 2006
15. Evaluation of Mars CO<sub>2</sub> Capture and Gas Separation Technologies – NASA/KSC
16. Eyes on the Red Planet: Human Mars Mission Planning, 1952-1970 – NASA/JSC – 2001
17. Falcon 9 Launch Vehicle payload user's guide – 2015
18. First Mars Habitat Architecture - Marc M. Cohen – 2015
19. Geologic map of Mars – USGS – 2015
20. Habitat Concepts for Deep Space Exploration – David Smitherman and Brand N. Griffin – NASA – 2013
21. Human missions to Mars - Enabling Technologies for Exploring the Red Planet – Donald Rapp – 2008
22. Human Research Program - Human Exploration Research Analog (HERA) Experiment Information – NASA – 2014
23. Human Spaceflight Architecture Team Technology Planning – NASA – 2012
24. Humans to Mars - Fifty Years of Mission Planning – David Portree/NASA – 2001
25. A New Nano Insulation Material for Applications in Zero Emission Buildings - Reidun Dahl Schlanbusch – 2013
26. Feasibility study of using silica aerogel as insulation for buildings - Lang Huang – 2012
27. Integrated And Load Responsive Multilayer Insulation - AIP - 2010

28. Multilayer insulation material guidelines – NASA – 1999
29. SlimVac Specification Guide – High performance vacuum insulation panels – 2016
30. Porextherm – Vacupor – 2016
31. Evaluation of Thermal Insulation Performance of a New Multi-Layer Insulation with Non-Interlayer-Contact Spacer - 2015
32. Reference guide to the International Space Station – 2010
33. Layout design with hexagonal floor plans and material flow patterns - J. Chung, J.M.A. Tanchoco – 2009
34. Mars: Past, Present, and Future – NASA/LRC – 1992
35. Mars habitat – NASA/USRA - advanced design program – 1991
36. Systems Engineering Evaluation of a Mars Habitat Design – SAE International – 2004
37. Mars In Situ Resource Utilization Technology Evaluation – NASA/KSC
38. The Mars Oxygen ISRU Experiment (MOXIE) on the Mars 2020 Rover – NASA
39. Mars ISRU technology – Springer – 2013
40. An Independent Assessment of the Technical Feasibility of the Mars One Mission Plan – MIT – 2014
41. Proposal Information Package – Mars One 2018 Lander Payload – 2014
42. Mars One Habitat ECLSS (ECLSS) Conceptual Design Assessment – Paragon – 2015
43. Mars Direct: A Simple, Robust, and Cost Effective Architecture for the Space Exploration Initiative -1991
44. Martian cements - Robert J. Milligan - 10th Annual International Mars Society Convention - 2007
45. Martian Outpost - The Challenges of Establishing a Human Settlement on Mars – Erik Seedhouse – 2009
46. Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator - U.S. Department of Energy
47. NASA Strategic Plan – 2014
48. National Space Policy Of The United States Of America – 2010
49. Background on Space Nuclear Power - Steven Aftergooda – 1989
50. Radiation Transmission Measurements For Demron Fabric – 2003
51. Radiation Shielding Materials Containing Hydrogen, Boron, and Nitrogen: Systematic Computational and Experimental Study - Phase I – 2012
52. Radiation Shielding Materials Containing Hydrogen, Boron, and
53. Systematic Computational and Experimental Study! Radiation Shielding Materials Containing Hydrogen, Boron, and Nitrogen: Systematic Computational and Experimental Study! – NASA
54. A shielding model for an inflatable vehicle, transhab, and the associated astronaut space radiation risk assessment – NASA – 2000

55. Simulation of Hydrogenated Boron Nitride Nanotube's Mechanical Properties for Radiation Shielding Applications - Joseph E. Estevez, Mahdi Ghazizadeh, James G. Ryan, Ajit D. Kelkar – 2014
56. Solar Radiation on Mars – NASA/LRC – 1989
57. SP-100, The U.S. Space Nuclear Reactor Power Program – 1983
58. Space Exploration Vehicle Concept – NASA
59. Space Settlement: an Easier Way - Al Globus – 2015
60. Structural Boron Nitride Nanotube Composite Development – NASA/LRC/AMPB – 2014
61. Study of advanced materials for thermal insulation in the inner Solar System - Arnau Janne – 2014
62. SUPER-SAFE, SMALL AND SIMPLE REACTOR 4S – TOSHIBA – 2013
63. Systems Engineering Handbook – NASA – 2007
64. Systems Engineering Evaluation of a Mars Habitat Design - University of Colorado – 2004
65. Space Faring - The Radiation Challenge – NASA – 2008
66. Lessons from TransHab AN ARCHITECT'S EXPERIENCE- Kriss Kennedy - NASA/JSC – 2002
67. Vacuum insulated panels for sustainable buildings: a review of research and applications - Sultan Alotaibi and Saffa Riffat – 2014
68. Mars Water In-Situ Resource Utilization (ISRU) Planning (M-WIP) Study – NASA – 2016
69. Development of Molten Salt Reactor Technology for Space - Michael Eades - 2012